Aus der ophthalmologischen Klinik der Universität Bern
Direktor: Prof. Dr. H. Goldmann

Ein Adaptometer für den praktischen Arzt

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Würde eines Doctor medicinae
der Universität Bern

vorgelegt von

Franz Della Casa

von Stabio (Tessin)

1943

VERLAG VON S. KARGER IN BASEL

Auf Antrag des Herrn Prof. H. Goldmann von der medizinischen Fakultät zum Druck als Dissertation genehmigt.

Bern, den 15. Juli 1942.

Der Dekan der medizinischen Fakultät:
sig. Prof. Dr. *A. von Muralt.*

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Sonderdruck aus «Ophthalmologica», Vol. 106, Nr. 3 und 4.

Die Zunahme des Automobilverkehrs in der Schweiz hat das Eidgenössische Justiz- und Polizeidepartement veranlaßt, in seiner «Anleitung für Vertrauensärzte» eine eingehendere Untersuchung der Motorfahrzeugführer, als dies bis heute der Fall war, zu verfügen. So wurde u. a. auch eine genauere Untersuchung der Dunkeladaptation verlangt und für die Prüfung der Nachtblindheit der Gebrauch des Scotopticometers von *Møller* und *Edmund* in Erwägung gezogen. Auch in andern Ländern, wie z. B. in Deutschland, sind in dieser Hinsicht Schritte unternommen worden. *Engelking* (42, 46) [1]) weist auf die Notwendigkeit der Untersuchung der Dunkeladaptation für die Verkehrssicherheit hin. Wir können uns dem, was er sagt, nur anschließen: «Bezüglich der Prüfung des Lichtsinnes muß eine völlige Wandlung eintreten. Wir müssen verlangen, daß die verantwortlichen Personen z. B. einer Lokomotive, eines Flugzeuges oder eines Autobusses sorgfältig auf ihren Lichtsinn hin untersucht werden — und zwar mit einwandfreien Methoden.»

Es hat sich nun herausgestellt, daß das Scotopticometer von *Møller* und *Edmund* im Verhältnis zu seiner relativ seltenen Anwendung für die Vertrauensärzte mit zu hohen Anschaffungskosten verbunden ist. Das Eidgenössische Justiz- und Polizeidepartement hat daher von der obligatorischen Einführung des Scoptopticometers vorläufig abgesehen und sich an das Generalsekretariat der schweizerischen Aerzteorganisationen gewandt, das darauf den Vorschlag machte, das Scotopticometer in der Schweiz herstellen zu lassen. Auf Grund dieses Vorschlages hat der Oberarzt der Bundesverwaltung in Verbindung mit der Universitätsaugenklinik Bern sich der Sache angenommen und uns

[1]) In der Folge werden die Literaturangaben als Fußnote angeführt; die Nummern beziehen sich auf das Literaturverzeichnis am Schlusse der Arbeit.

gebeten, die nötigen Untersuchungen vorzunehmen und abzuklären, ob das Scotopticometer in der Schweiz hergestellt oder ob ein neues Adaptometer konstruiert werden soll.

Bevor wir auf die Fragen, die speziell in diesem Zusammenhang interessieren, eingehen, sei kurz einleitend eine Uebersicht über die Probleme gegeben, die sich beim Versuch der Prüfung der Dunkeladaptation gestellt haben.

Seitdem *Aubert* (3) die ersten Versuche über die Dunkeladaptation vornahm und *Förster* (57) das erste Adaptometer (Adaptometer wird in der Folge mit A. abgekürzt, Dunkeladaptation mit D.A., Helladaptation mit H.A.) konstruierte, sind eine Unmenge Apparate gebaut worden. Eine Uebersicht über den heutigen Stand des Problems der D.A. und der verschiedenen zu ihrer Untersuchung gebauten Instrumente geben vor allem die Arbeiten von *Adams* (1), *Sloan* (136) und *Feldmann* (53).

A. Lichtquellen, Herabsetzung der Beleuchtung.

Ein großer Teil der Apparate unterscheidet sich voneinander vor allem durch die Methodik der Lichtabschwächung, beziehungsweise Herstellung der herabgesetzten Beleuchtung. Ueber hierher gehörige Fragen orientieren sehr viele in der Literatur erschienene Arbeiten [2]). *Es ist heute nur zulässig, konstante Lichtquellen und meßbar sowie reproduzierbar zu regulierende Beleuchtungen zur Bestimmung der D.A. zu benützen.*

B. Test.

Bestehen heute kaum mehr Meinungsverschiedenheiten über Fragen der Lichtquellen und der Abstufung, so um so mehr in der Frage des Tests.

1. Soll man das *Minimum visibile* [3]) oder das *Minimum separabile* [4]) oder die *Sehschärfe bei herabgesetzter Beleuchtung* wählen [5])?

2. Welche Stelle der Retina soll man untersuchen; soll man auf die Gegend der Macula (114) abstellen, wie es automatisch mit der Sehschärfenuntersuchung geschieht, wenn man Sehschärfen größer als 0,2 bestimmt, oder auf die nähere Umgebung der Macula, wenn man größere Sehzeichen, eventuell Sehzeichen verschiedenen Kontrastes (14, 107, 53) als Teste benützt? Oder soll man die weitere Netzhautperipherie in die Untersuchung einbeziehen; soll man Dunkelgesichtsfelder (80, 82, 126) aufnehmen und als Maß der Adaptation verwenden; soll man dem Auge einfach überlassen, die im gegebenen Adaptationszustand empfindlichste Netzhautstelle selbst zu suchen, oder soll man in einer konstanten Exzentrizität das Testzeichen darbieten, das Auge einen (roten) Fixierpunkt anblicken lassen?

---

[2]) 3, 5—8, 12, 16—29, 33—35, 37, 39, 43, 53, 57, 58, 61—65, 67, 68, 73, 75, 76, 79—81, 85, 87, 91, 92, 98, 99, 106, 108, 109, 115—121, 123, 124, 126, 127, 135, 137, 139, 140, 147, 152, 155—165 und 168.

[3]) 11, 12, 15, 22, 23, 43, 45, 52, 54—56, 112, 123, 124, 131, 144, 162—165.

[4]) 22, 23, 38, 57, 58, 107, 118, 147.

[5]) 11, 12, 32, 54—56, 73, 92, 96, 122.

Aus der ophthalmologischen Klinik der Universität Bern
Direktor: Prof. Dr. H. Goldmann

Ein Adaptometer für den praktischen Arzt

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Würde eines Doctor medicinae
der Universität Bern

vorgelegt von

Franz Della Casa

von Stabio (Tessin)

1943

VERLAG VON S. KARGER IN BASEL

Auf Antrag des Herrn Prof. H. Goldmann von der medizinischen Fakultät zum Druck als Dissertation genehmigt.

Bern, den 15. Juli 1942.

Der Dekan der medizinischen Fakultät:
sig. Prof. Dr. *A. von Muralt.*

Sonderdruck aus «Ophthalmologica», Vol. 106, Nr. 3 und 4.

Die Zunahme des Automobilverkehrs in der Schweiz hat das Eidgenössische Justiz- und Polizeidepartement veranlaßt, in seiner «Anleitung für Vertrauensärzte» eine eingehendere Untersuchung der Motorfahrzeugführer, als dies bis heute der Fall war, zu verfügen. So wurde u. a. auch eine genauere Untersuchung der Dunkeladaptation verlangt und für die Prüfung der Nachtblindheit der Gebrauch des Scotopticometers von *Møller* und *Edmund* in Erwägung gezogen. Auch in andern Ländern, wie z. B. in Deutschland, sind in dieser Hinsicht Schritte unternommen worden. *Engelking* (42, 46) [1]) weist auf die Notwendigkeit der Untersuchung der Dunkeladaptation für die Verkehrssicherheit hin. Wir können uns dem, was er sagt, nur anschließen: «Bezüglich der Prüfung des Lichtsinnes muß eine völlige Wandlung eintreten. Wir müssen verlangen, daß die verantwortlichen Personen z. B. einer Lokomotive, eines Flugzeuges oder eines Autobusses sorgfältig auf ihren Lichtsinn hin untersucht werden — und zwar mit einwandfreien Methoden.»

Es hat sich nun herausgestellt, daß das Scotopticometer von *Møller* und *Edmund* im Verhältnis zu seiner relativ seltenen Anwendung für die Vertrauensärzte mit zu hohen Anschaffungskosten verbunden ist. Das Eidgenössische Justiz- und Polizeidepartement hat daher von der obligatorischen Einführung des Scoptopticometers vorläufig abgesehen und sich an das Generalsekretariat der schweizerischen Aerzteorganisationen gewandt, das darauf den Vorschlag machte, das Scotopticometer in der Schweiz herstellen zu lassen. Auf Grund dieses Vorschlages hat der Oberarzt der Bundesverwaltung in Verbindung mit der Universitätsaugenklinik Bern sich der Sache angenommen und uns

[1]) In der Folge werden die Literaturangaben als Fußnote angeführt; die Nummern beziehen sich auf das Literaturverzeichnis am Schlusse der Arbeit.

gebeten, die nötigen Untersuchungen vorzunehmen und abzuklären, ob das Scotopticometer in der Schweiz hergestellt oder ob ein neues Adaptometer konstruiert werden soll.

Bevor wir auf die Fragen, die speziell in diesem Zusammenhang interessieren, eingehen, sei kurz einleitend eine Uebersicht über die Probleme gegeben, die sich beim Versuch der Prüfung der Dunkeladaptation gestellt haben.

Seitdem *Aubert* (3) die ersten Versuche über die Dunkeladaptation vornahm und *Förster* (57) das erste Adaptometer (Adaptometer wird in der Folge mit A. abgekürzt, Dunkeladaptation mit D.A., Helladaptation mit H.A.) konstruierte, sind eine Unmenge Apparate gebaut worden. Eine Uebersicht über den heutigen Stand des Problems der D.A. und der verschiedenen zu ihrer Untersuchung gebauten Instrumente geben vor allem die Arbeiten von *Adams* (1), *Sloan* (136) und *Feldmann* (53).

A. Lichtquellen, Herabsetzung der Beleuchtung.

Ein großer Teil der Apparate unterscheidet sich voneinander vor allem durch die Methodik der Lichtabschwächung, beziehungsweise Herstellung der herabgesetzten Beleuchtung. Ueber hierher gehörige Fragen orientieren sehr viele in der Literatur erschienene Arbeiten [2]). *Es ist heute nur zulässig, konstante Lichtquellen und meßbar sowie reproduzierbar zu regulierende Beleuchtungen zur Bestimmung der D.A. zu benützen.*

B. Test.

Bestehen heute kaum mehr Meinungsverschiedenheiten über Fragen der Lichtquellen und der Abstufung, so um so mehr in der Frage des Tests.

1. Soll man das *Minimum visibile* [3]) oder das *Minimum separabile* [4]) oder die *Sehschärfe bei herabgesetzter Beleuchtung* wählen [5])?

2. Welche Stelle der Retina soll man untersuchen; soll man auf die Gegend der Macula (114) abstellen, wie es automatisch mit der Sehschärfenuntersuchung geschieht, wenn man Sehschärfen größer als 0,2 bestimmt, oder auf die nähere Umgebung der Macula, wenn man größere Sehzeichen, eventuell Sehzeichen verschiedenen Kontrastes (14, 107, 53) als Teste benützt? Oder soll man die weitere Netzhautperipherie in die Untersuchung einbeziehen; soll man Dunkelgesichtsfelder (80, 82, 126) aufnehmen und als Maß der Adaptation verwenden; soll man dem Auge einfach überlassen, die im gegebenen Adaptationszustand empfindlichste Netzhautstelle selbst zu suchen, oder soll man in einer konstanten Exzentrizität das Testzeichen darbieten, das Auge einen (roten) Fixierpunkt anblicken lassen?

---

[2]) 3, 5—8, 12, 16—29, 33—35, 37, 39, 43, 53, 57, 58, 61—65, 67, 68, 73, 75, 76, 79—81, 85, 87, 91, 92, 98, 99, 106, 108, 109, 115—121, 123, 124, 126, 127, 135, 137, 139, 140, 147, 152, 155—165 und 168.

[3]) 11, 12, 15, 22, 23, 43, 45, 52, 54—56, 112, 123, 124, 131, 144, 162—165.

[4]) 22, 23, 38, 57, 58, 107, 118, 147.

[5]) 11, 12, 32, 54—56, 73, 92, 96, 122.

Hier wird es in der Praxis auf zwei Dinge ankommen:

1. *Die Reproduzierbarkeit und*

2. *was man eigentlich zu messen wünscht.*

Ad 1. Als weitgehend reproduzierbar, was Netzhautort betrifft, kann man alle Sehzeichenmethoden (Sehschärfe- und Sehzeichenmethoden mit variablem Kontrast) betrachten, ebenso die Methode mit rotem Fixierpunkt und konstanter Exzentrizität des Testes.

Ad 2. Keineswegs sind die verschiedenen Teste als a priori gleichwertig zu betrachten, und es wird sich im einzelnen Falle darum handeln, festzustellen, was man zu untersuchen wünscht: Minimum visibile, Unterschiedsempfindlichkeit oder Sehschärfe. Für die Praxis der Tauglichkeitsbestimmung eines Menschen handelt es sich darum, festzustellen, was beim Nachtverkehr auf Straßen gefordert wird. *Weder das Minimum visibile ist hier wichtig, noch Sehschärfen über 0,2, sondern die Erkennung von Gegenständen, Menschen, Tieren, Hindernissen mit evtl. geringem Kontrast* (nasse Straße, dunkle Kleider). Wichtig ist sicher auch die Feststellung von Blendungswirkung und Blendungserholung.

C. Soll der gesamte Verlauf der D.A. untersucht werden?

Es ist verständlich, daß für wissenschaftliche Zwecke meist der gesamte Verlauf der D.A. untersucht werden muß. Solchen umfassenden Messungen dienen eine ganze Reihe von Apparaten[6]). *Für praktische Bestimmungen sollte die Untersuchung nicht über mehrere Minuten ausgedehnt werden.* Es hat sich gezeigt, daß der Empfindlichkeitsanstieg in den ersten Minuten nach Verdunkelung schon über das Verhalten des Menschen im Dunkeln Aufschluß gibt, und das ist vor allem praktisch wichtig[7]).

D. Der Vorzustand.

Erst in letzter Zeit hat sich die Erkenntnis durchgesetzt, daß der Helladaptationszustand, von dem man bei der Untersuchung der D.A. ausgeht, von größter Bedeutung für den Verlauf der Empfindlichkeitszunahme ist.

Von welcher Helladaptation soll man ausgehen?

1. Man muß *immer vom gleichen H.A.-Zustand ausgehen,* sonst sind die Untersuchungsresultate nicht vergleichbar[8]). Speziell fand *Takahashi* (142), bestätigt von *H. K. Müller* (110), *Matthey* (105) und *Kyrieleis* (89), daß die Stärke und die Schnelligkeit der D.A. im umgekehrten Verhältnis zu dem Helligkeitsgrad und der Zeitdauer der H.A. stehen. Auch für gröbere Untersuchungen muß unbedingt auf eine richtige und exakte H.A. geachtet werden. *Maßgebend sind — darauf sei besonders nachdrücklich hingewiesen — die Angaben der Leuchtdichtenwerte in Apostilb,* sowohl der zur Voradaptation dienenden Flächen als auch der Schwellenhelligkeiten[9]). Diffuse Angaben

[6]) 11—13, 30—32, 36, 43, 45, 49—51, 53—56, 63—65, 70, 71, 74, 84, 89, 90, 97, 104, 112, 128, 132, 137, 156, 158.

[7]) 31, 83, 107, 115.

[8]) 44, 74, 86, 149.

[9]) 70, 71, 105, 110, 134, 141.

wie Himmelslicht, Fenster, helles Zimmer u. a.[10]) sind unbrauchbar; ebenso Beleuchtungsangaben in Watt oder Lux ohne Anführung der Albedo der beleuchteten Wand[11]).

2. *Für praktische Zwecke wird ein mittlerer gut definierter H.A.-Zustand genügen,* weil in der Praxis enorme Wechsel, außer bei Einfahrt in einen Tunnel, wohl nur äußerst selten vorkommen.

3. *Wie lange muß die Voradaptation dauern?*

Ueber die Dauer der H.A. existieren die verschiedensten Ansichten. Nach der Literatur ergibt sich, daß *10 Minuten H.A. im allgemeinen völlig genügen*[12]). Wir haben selbst über diese Frage Versuche unternommen (siehe später). Bei unserer Methode der D.A.-Bestimmung hat sich kein Unterschied zwischen 5 und 10 Minuten Vorbelichtung auf den weiteren Verlauf der D.A. nachweisen lassen. Wir streben ja keine vollständige H.A., sondern nur ihre Konstanz und Reproduzierbarkeit an.

E. Ueber die Frage der Pupillenerweiterung bzw. Konstant-Haltung der Pupillenweite.

Soll die D.A.-Untersuchung bei erweiterter, bei unbeeinflußter oder bei enger Pupille vorgenommen werden? In der Literatur finden wir hierüber die verschiedensten Ansichten. Abweichungen vom Normalen sind sowohl bei erweiterter als auch bei verengter Pupille zu finden. Die Frage ist bis heute kontrovers[13]).

Um den richtigen Standpunkt für eine *praktischen Zwecken dienende D.A.-Untersuchung* zu finden, muß man sich folgendes klarmachen: Will man wissen, wie die Dunkelanpassung eines gegebenen Individuums unter normalen Bedingungen erfolgt, so muß man sämtliche Komponenten, die mitwirken, berücksichtigen. Dazu gehört das *normale Pupillenspiel, die Abnahme* seines Ausmaßes *mit dem Alter,* sein Fehlen im Falle einer *Pupillenstarre.* Man soll also für *praktische Prüfungen bei unbeeinflußter Pupille untersuchen,* was noch den großen Vorteil mit sich bringt, daß der zu Untersuchende durch die Untersuchung in keiner Weise in seiner nachfolgenden Tätigkeit behindert wird. Auch über die Frage der Bedeutung der Pupillenweite für die D.A. haben wir orientierende Versuche unternommen (siehe später).

Bei einer Serie von Leuten haben wir am Schlusse der H.A. an unserem A. (570 *Hefner*-Apostilb) und an unserem Ausbleicher (ca. 4500—5000 Apostilb) für das *Engelking-Hartung*-A. die Pupillenweite gemessen. Die dazu dienenden Versuchspersonen waren in einem Alter von 20—30 Jahren. Wir haben an unserem A. immer eine Pupillenweite von ca. 4 mm gemessen, an unserem Ausbleicher für das *Engelking-Hartung*-A. einen Pupillendurchmesser von ca. 2 mm. 5 Fälle haben wir in Homatropin und ohne Homatropin untersucht und dabei die in der Tabelle 1 (die Tabellen befinden sich

[10]) 8, 60, 79, 83, 100, 138.
[11]) 9, 37, 40, 72, 74, 129, 145, 154, 164.
[12]) 49, 52, 68, 69, 71, 77, 89, 106, 130, 133, 145.
[13]) 37, 38, 49, 60, 69, 70, 83, 89, 101, 107, 111, 134, 146, 154.

am Schluß der Arbeit) angegebenen Zahlen erhalten. In der Abb. 2 sind dazugehörige Kontrollkurven am *Engelking-Hartung*-A. aufgezeichnet.

F. Binokulare und monokulare Untersuchung.

Die Frage der binokularen oder monokularen Prüfung und damit die Frage der binokularen Reizsummation findet in der Literatur ebenfalls verschiedene Beantwortung. Von einer Reihe von Autoren wird binokulare Reizsummation gefunden[14]), andere lehnen sie ab[15]), und schließlich gibt es solche, die einen gewissen vermittelnden Standpunkt einnehmen[16]). Was die foveale Untersuchung betrifft, sind sich alle Autoren einig, daß es in der Fovea keine Reizsummation gibt. *Schumacher* (134) fand in einer sehr sorgfältigen Arbeit, daß der Dämmerungsapparat für Schwellenreize ausgesprochen die Fähigkeit der Summation habe; der Tagesapparat besitze diese nicht. Diese Summation trete aber hauptsächlich am Ende der D.A. auf, während sie zu Beginn nur in geringem Maße vorhanden sei.

In der Praxis gilt wieder: *So untersuchen, wie es dem normalen Gebrauch der Augen entspricht: Zweiäugige Personen zweiäugig; ist der Einäugige in Praxis dem Zweiäugigen gegenüber im Nachteil, so ist dieser Nachteil festzustellen.*

Haben wir so die allgemeinen Probleme umrissen, so können wir nun bereits formulieren, was wir von einem Apparat zur D.A.-Prüfung durch den praktischen Arzt verlangen sollen:

a) Es hat sich gezeigt, daß der Verlauf der D.A. während der ersten Minuten der in nützlicher Frist erreichbaren Empfindlichkeitssteigerung weitgehend parallel geht. Menschen, die erst nach vielen Stunden eine normale Schwelle erreichen, wie Personen, die an *Oguchi*scher Krankheit leiden, verhalten sich bei herabgesetzter und wechselnder Beleuchtung, wie sie der Nachtverkehr darbietet, wie Hemeralope; also soll sich die Prüfung auf einige Minuten beschränken.

b) Der Apparat soll so genau arbeiten, daß sich normale Fälle, d. h. Leute mit normaler D.A., sicher von pathologischen oder von Grenzfällen trennen lassen. Die zweite Gruppe muß zur genauen Untersuchung dem Augenarzt zugewiesen werden.

c) Die Untersuchung selbst soll einfach sein, wenig Zeit in Anspruch nehmen und dem Patienten erlauben, sofort nachher seine Arbeit wieder aufnehmen zu können. Das bedingt eine Untersuchung ohne Dunkelzimmer, ohne Aufnahme einer vollständigen D.A.-Kurve und ohne Anwendung von Homatropin oder Pilocarpin.

[14]) 4, 8, 29, 59, 91, 102.
[15]) 37, 107, 108, 111, 151.
[16]) 63, 154.

d) Die Herstellungskosten des Apparates dürfen nicht zu hoch sein. Unser A. kostete als Einzelfabrikat Fr. 47.— (November 1940). Bei einer serienmäßigen Fabrikation wird dieser Preis entsprechend tiefer sein.

e) Alle Einrichtungen, die bei der serienmäßigen Herstellung der Apparate Ungleichheiten bewirken könnten, müssen vermieden werden. Darunter fallen Diaphragma und Irisblende und alle lichtabsorbierenden Gläser und Scheiben (102). Die Apparate müssen einfach zu handhaben sein und dürfen nicht zu hohe Anforderungen an die Intelligenz der Exploranden stellen; ferner müssen sie leicht transportabel und überall sofort gebrauchsbereit sein (11, 133).

Für Untersuchungen durch den praktischen Arzt ist vor allem das Skotoptikometer empfohlen worden (z. B. *Velhagen,* 153). Es wird zur Prüfung des Distinktionsvermögens in den ersten Minuten nach dem Helligkeitswechsel verwendet, wodurch die für den Autofahrer sehr wichtige D.A. der ersten 5—10 Minuten gemessen wird. Entspricht nun das Scotopticometer von *Møller* den von uns entwickelten Anforderungen?

Heinsius (72) beanstandet, daß nur 4 Zeichen gesehen werden müssen, die daher leicht auswendig gelernt werden könnten; dadurch könne die Dissimulation von bestehenden D.A.-Störungen nicht vermieden werden (61). Auch bestehe eine zu starke Ungleichmäßigkeit in der Ausführung der Helligkeitsabtönung der 4 Buchstaben gegeneinander (72). *Engelking* (43) bezeichnet es in wissenschaftlicher Hinsicht nur als Notbehelf, erachtet es aber als genügend (31), um einen groben Ueberblick in der Praxis zu erhalten, während *Fischer* (31) dazu gleichsam als psychotechnische Prüfung noch eine Bestimmung des Gesichtsfeldes bei herabgesetzter Beleuchtung verlangt. Nach *Chevallier* (26) werden bei den scheinbar Normalen in bezug auf die D.A. Differenzen gefunden, die nicht vernachlässigt werden dürfen, die aber die *Tscherning*-Gläser — also auch das Scotopticometer — nicht aufdecken. Diese Tatsache ist jedoch sicher nur bei wissenschaftlichen Untersuchungen von Bedeutung.

Unserer Ansicht nach liegt der Hauptfehler des Scotopticometers in bezug auf unser Anwendungsgebiet darin, daß zur Abschwächung des Lichtes *Tscherning*-Gläser — die übrigens wärmeempfindlich sind (43) — verwendet werden, deren Herstellung bei genauer Ausführung zu kompliziert und zu teuer, bei billiger Ausführung zu ungenau ist. Daneben zeigen die *Tscherning*-Gläser ein ziemlich scharf umrissenes Durchlässigkeitsmaximum, dessen Spitze sich etwa entsprechend der Wellenlänge 570 $\mu\mu$ befindet, während das Empfindlichkeitsmaximum des

dunkeladaptierten Auges bei der Wellenlänge von 506 $\mu\mu$ liegt, d. h. in einem Spektralbereich, dessen Lichter von *Tscherning*-Gläsern nur noch in Bruchteilen durchgelassen werden. Gewöhnliche Graugläser statt *Tscherning*-Gläser können nicht verwendet werden, da sie überhaupt nie absolut gleichartig sind und Fehler bis zu 5% aufweisen (43). Auch schreibt die Gebrauchsanweisung des Scotopticometers keine definierte Voradaptation vor. Deshalb werden die Untersuchungsergebnisse sehr ungleich ausfallen.

Die Schwierigkeiten, die sich also ergeben, haben uns dazu geführt, einen neuen Apparat zur Untersuchung der D.A. zu konstruieren.

Eigener Apparat.

Wir gehen nun zur Beschreibung unseres Apparates über, der die Nachteile des Scotopticometers vermeiden, seine Vorteile aber besitzen soll.

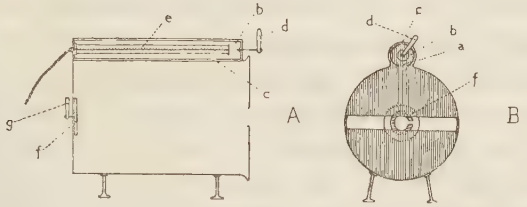

Abb. 1. A = Seitenansicht; B = Vorderansicht.

Das A. (vergleiche Abb. 1) besteht aus einem runden, außen schwarz gestrichenen und innen mattweiß gespritzten Zylinder von ca. 38 cm Länge und ca. 25 cm Durchmesser. Hinten ist der Zylinder durch eine Wand vollständig abgeschlossen, während vorn ein Schlitz zum Hineinsehen offenbleibt. Gegen oben ist der Zylinder im Verlauf seiner ganzen Längsachse 5 cm breit offen (a). Ueber dieser Oeffnung befindet sich das Lampenhaus (b), das in seiner Form einer Verkleinerung des beschriebenen Zylinders entspricht. Seine Wandung besteht aus zwei konzentrischen Halbzylindern. Der äußere ist fest mit dem großen Zylinder verbunden, während der innere, der dem äußern lichtdicht anliegt und in seiner vorderen Hälfte eine kleine, runde, als Blende wirkende Oeffnung (c) von 1,45 ± 0,03 mm (Messung durch das Eidg. Amt für Maß und Gewicht) Durchmesser hat, durch einen an der Stirnseite des Lampenhauses angebrachten Hebel (d) drehbar ist. Wenn der bewegliche Halbzylinder nach oben gedreht steht, so ist die ganze Länge der Schlitzöffnung des großen Zylinders offen, d. h. die im Lampenhaus befindliche Stablampe (e) wirft ihr volles Licht in den großen Zylinder; das A. ist zur H.A. bereit. Wird der Halbzylinder nach unten gedreht, so gelangt nur durch die kleine, konstante Blende (c) Licht in den großen Zylinder, und wir haben dort die Beleuchtung für die D.A. An der Hinterwand des großen Zylinders ist eine drehbare Scheibe (f) von 8,80 cm Durchmesser

mit einem als Objekt dienenden grauen *Landolt*schen Ring von 6,70 cm Durchmesser befestigt (über Wahl und Reproduzierbarkeit des Objektes siehe später); entsprechend der Oeffnung des *Landolt*schen Ringes wurde außen an der Hinterwand ein Hebel (g) zum Drehen der Scheibe angebracht. Zeigt der Hebel z. B. nach oben, so weiß der Untersucher ohne in den Apparat sehen zu müssen, daß der Ring mit der Oeffnung nach oben gedreht ist. Die Angaben des zu Untersuchenden können also ständig kontrolliert werden. An der Vorderwand des großen Zylinders ist ein lichtdichtes, schwarzes Tuch befestigt, unter das der zu Untersuchende während der Prüfung seinen Kopf stecken muß. Dadurch ist eine Untersuchung in einem beliebigen Zimmer, unabhängig vom Dunkelzimmer, möglich gemacht.

Wir beginnen die Prüfung der D.A. mit einer für alle zu Untersuchenden gleichwertigen H.A. von 570 *Hefner*-Apostilb während 10 Minuten. Die Konstruktion unseres Apparates erlaubt eine H.A. und D.A., ohne daß der Untersuchte seinen Platz zu ändern braucht. Dadurch gelingt es uns, auch den Anfang der D.A. zu erfassen, was von wesentlicher Bedeutung ist.

Der Patient wird aufgefordert, vor dem A. Platz zu nehmen und 10 Minuten lang bei der Beleuchtung für die H.A. in den Apparat zu sehen. Man muß darauf achten, daß der Patient keine bestimmte Stelle fixiert, sondern im ganzen A. herumblickt, damit die Netzhaut gleichmäßig beleuchtet wird. Die Form (Zylinder) der helladaptierenden Fläche unterstützt diese Forderung noch, und die Gefahr der «Lichtnebelbildung», wie sie bei der H.A. an einer ebenen, weißen, detaillosen Fläche besteht und die Dunkeladaptation stören oder sogar Fehler bewirken kann, wie dies *Comberg* (28) und *Drescher* (40) beschreiben, wird beseitigt. Während der 10 Minuten H.A. hat der Arzt die Möglichkeit, den Patienten auf die wichtigen Punkte der Untersuchung aufmerksam zu machen. Eine vollständige Ueberdeckung des Kopfes des Patienten mit dem schwarzen Tuch ist während der H.A. noch nicht nötig. Es genügt, wenn direkte Einflüsse von hellen Lichtquellen abgehalten werden. Nach 10 Minuten wird nun der Patient angewiesen, das schwarze Tuch vollständig über den Kopf zu nehmen, unter dem Kinn zusammenzuhalten und darauf zu achten, daß ja kein Licht von außen hereindringt. Nun dreht man den Hebel an der Stirnseite des Lampenhauses so, daß die D.A.-Beleuchtung eingeschaltet wird, und verändert zugleich die Stellung des *Landolt*schen Ringes durch Drehen des Hebels an der Hinterwand des A. In den ersten Sekunden nach Einschaltung der D.A.-Beleuchtung sieht der Patient nichts. Dann taucht allmäh-

lich — beim Normalen in der Regel nach 6—10 Sekunden, in seltenen Fällen auch erst nach 20 Sekunden — die Scheibe auf, auf der der *Landolt*sche Ring angebracht ist. Dieses Auftauchen hat der Patient dem Arzt anzugeben, der seinerseits die Zeit notiert. Etwas später, normalerweise ca. nach einer halben Minute (die Werte schwanken zwischen 13 und 54 Sekunden), erblickt der Patient den *Landolt*schen Ring, ohne jedoch die

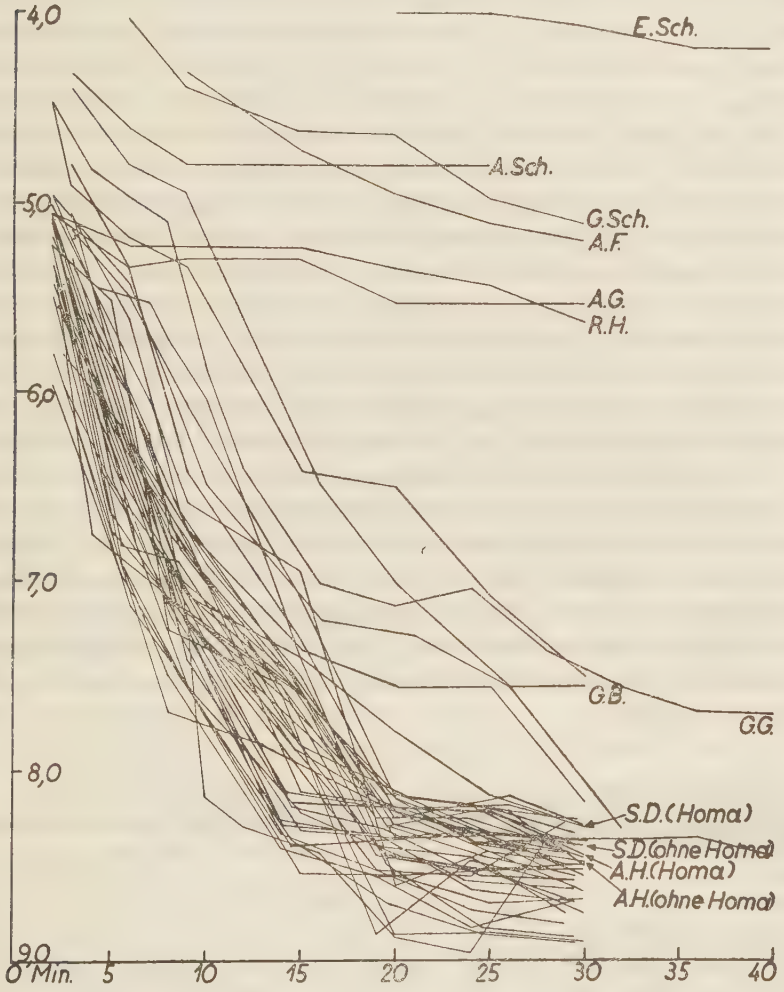

Abb. 2. Siehe Text, Kontrollkurven am *Engelking-Hartung*-Adaptometer. Die mit Buchstaben bezeichneten Kurven beziehen sich auf Tabelle 1, soweit in Klammer Homa steht, auf Tab. 3 und Abb. 3, wo einfach zwei Buchstaben den Namen charakterisieren.

Oeffnung jetzt schon angeben zu können. Diese Erscheinung muß der Patient wieder dem Arzt melden, z. B. mit dem Worte «Ring». Als nächstes erfolgt die Angabe, in welcher Richtung sich die Oeffnung des Ringes befindet. Um jede Zufallsangabe zu vermeiden, verlangen wir dreimal hintereinander richtiges Erkennen der Oeffnung, d. h. sobald der Patient zum erstenmal die Oeffnung richtig angibt, wird der Ring rasch gedreht, und der Patient muß die neue Stellung nennen, worauf noch einmal eine rasche Drehung erfolgt und der Patient die dritte Stellung angeben muß. Leute, die bis zur dritten, richtigen Angabe der Ringöffnung weniger als 4 Minuten brauchen, können als Leute mit normaler D.A. angesehen werden. Werte über 4 Minuten oder auch stark verzögerte Anfangswerte (Scheibe und Ring) sind zweifelhaft, und Werte über 6 Minuten bedeuten sicher eine verzögerte D.A. Diese beiden letzten Gruppen müssen zur genauen Untersuchung zum Augenarzt geschickt werden. Die Grenze von 4 Minuten haben wir durch Untersuchungen an 50 Fällen empirisch festgestellt und die Resultate mit dem A. nach *Engelking-Hartung* nachgeprüft. Die Abb. 3 zeigt die Kurven der Werte, die wir mit unserem A. erhalten haben, während die Abb. 2 die Kurven der Kontrolluntersuchungen am *Engelking-Hartung* veranschaulicht.

Leute mit sehr stark herabgesetzter D.A., wie wir sie bei Retinitis pigmentosa, essentieller Hemeralopie und Ablatio retinae finden, haben wir teilweise nicht in das Kurvenbild der Abb. 3 aufnehmen können, weil oft überhaupt der *Landolt*sche Ring nicht gesehen wurde. Wir erwähnen daher die Resultate der Vollständigkeit halber in der Tabelle 3 für sich; die dazugehörigen Vergleichskurven am *Engelking-Hartung*-A. sind dagegen in der Abb. 2 zu finden.

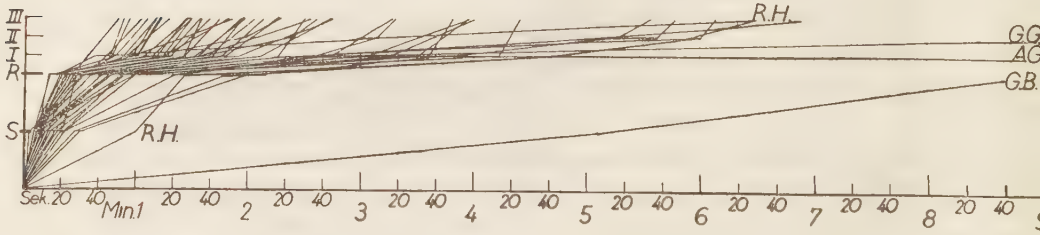

Abb. 3. Kurven der mit unserem Adaptometer erhaltenen Werte. S = Scheibe, R = Ring, I, II, III = erste, zweite und dritte Stellung der Oeffnung im Ring gesehen. Abcisse: große Zahlen = Minuten, kleine Zahlen = Sekunden.

Unsere Untersuchungen haben ergeben, daß wir durch das Verlangen von fünf Angaben («Scheibe», «Ring», 1., 2. und 3. Oeffnung) sicherere Resultate erhalten als bei der Prüfung der 1. Oeffnung allein. So stellten wir z. B. bei einem Fall G. G. mit unserem A. folgende Werte fest: 9 Sek., 45 Sek., 2 Min. 40 Sek., 8 Min. 56 Sek., 10 Min. 17 Sek.; die Werte bis zur 1. Oeffnung sind also vollständig innerhalb der Norm, und erst durch die Werte der 2. und 3. Oeffnung konnte die mit dem A. nach *Engelking-Hartung* auch gefundene verminderte D.A. festgestellt werden (vgl. Abb. 3 und 2, G. G.). Fast das gleiche haben wir bei dem Patienten A. G. gesehen; *Engelking-Hartung:* weitgehende Störung der D.A. bei essentieller Hemeralopie (Abb. 2 und Tab. 3, A. G.), unser A.: Werte von 14 Sek., 54 Sek., 3 Min. 18 Sek. (unsicher), 2. und 3. Oeffnung auch nach 11 Minuten nicht zu erkennen. Der Patient, der sehr zuverlässige Angaben machte (Beruf Zahnarzt), hat selbst zugegeben, daß das Kennen des Objektes zum voraus (während der H.A.) die Resultate beeinflusse und daß er ziemlich sicher die Angaben «Scheibe» und «Ring» verfrüht gemacht und wahrscheinlich auch die 1. Oeffnung erraten habe, denn er sei sehr unsicher gewesen. Erst durch das Unvermögen des Erkennens der 2. und 3. Oeffnung wurde der Patient richtig klassifiziert, d. h. seine Hemeralopie manifest. Daraus ersehen wir, daß der Einwand, den der Patient selbst machte, durch das Kennen der Objekte zum voraus sei eine Beeinflussung der Resultate, ja sogar eine Dissimulation einer bestehenden D.A.-Störung möglich, entkräftigt werden kann. Die Möglichkeit, bewußt falsche Angaben im Sinne einer Dissimulation zu machen, wird auch durch die Wahl des Objektes und durch seine Verstellbarkeit während der Untersuchung ausgeschlossen.

Damit kommen wir auf die Auswahl des Objektes zu sprechen.

Nach der Literatur werden teils schwarze Buchstaben auf weißem Grunde, meist in Form von *Snellen-* und *Landolt*-Zeichen[17]), jedoch auch als Kreuze (156) oder drehbare Pfeile (52, 61, 68) und Sehzeichen (72, 117), teils nur mehr oder weniger erleuchtete Flächen[18]) oder schließlich, wie wir es auch tun, graue Tafeln mit schwarzen oder weißen Sehzeichen oder weiße Tafeln mit verschieden grauen Buchstaben[19]) verwendet. Die zuletzt angegebene Methode ermöglicht es, bei der Prüfung der D.A. neben dem Lichtsinn und dem Formensinn auch eine Prüfung des Kontrastsehens durch-

[17]) 8, 9, 30, 34, 38, 41, 58, 64, 73, 91, 118, 145, 159, 164.

[18]) 43, 147, 148 u. a.

[19]) 14, 62, 72, 107.

zuführen, was für den Automobilisten bei Nachtfahrten von großer Bedeutung ist (10, 66, 103).

Fragen wir wieder, was wird *in der Praxis* vom dunkeladaptierten Menschen verlangt, so muß die Antwort lauten, *nicht die Wahrnehmung eines mehr oder weniger diffusen Fleckes, sondern Umrisse, Objekte, Kontraste; also soll man Figuren zur Prüfung der D.A. nehmen, und zwar Figuren mäßigen Kontrastes.* Dabei erachten wir die Methode des *drehbaren Buchstabens* als am zweckmäßigsten und geben dem *Landoltschen Ring* den Vorzug vor Buchstaben wie «E» und anderen, die auch bei wenig guter D.A. wegen ihrer eckigen Konturen gesehen werden können und daher geringere Anforderungen an den zu Untersuchenden stellen.

In diesem Zusammenhang ist natürlich wichtig zu wissen, mit welcher Genauigkeit solche Kontraste, d. h. zum Beispiel grau gedruckte Buchstaben auf weißem Papier, in der Praxis reproduzierbar sind. Wir haben uns aus diesem Grunde an Herrn Prof. *H. König* vom Eidgenössischen Amt für Maß und Gewicht gewandt und ihn gebeten, folgende Untersuchungen anzustellen, was er in liebenswürdiger Weise unternahm:

1. Bestimmung des Verhältnisses k der (diffus) reflektierten Strahlung der bedruckten Stelle zur entsprechenden Rückstrahlung des Umfeldes.
2. Die Gleichmäßigkeit der Bedruckung bei 13 wahllos aus tausend herausgegriffenen *Landolt*schen Buchstaben.

Die Gleichmäßigkeit der Bedruckung geht aus folgender Tabelle für die k hervor (Voraussetzung Scheiben auf stets gleicher Unterlage).

Muster Nr.	k	Muster Nr.	k
1	0,944	8	0,932
2	0,938	9	0,936
3	0,943	10	0,942
4	0,935	11	0,933
5	0,941	12	0,935
6	0,943	13	0,934
7	0,940		

Die Messungsgenauigkeit von $\pm 0{,}003$ wird also von der Streuung nur unbedeutend überschritten. Die bisherigen Angaben beziehen sich alle auf Glühlampenlicht der Farbtemperatur von ca. 2600^0 und auf eine Selensperrschichtzelle als Empfänger, die durch Filter der Hellempfindlichkeit $V(\lambda)$ des Auges roh angepaßt war. Da die Adaptationsmessungen sich vorwiegend auf das Gebiet des Dämmerungssehens beziehen, wurde Muster Nr. 1 auch mit einer Vorfilterung untersucht, die dem Dämmerungssehen leidlich ent-

sprechen dürfte: Zelle (ohne V(λ)-Filter) + 1 mm BG 7. Der Schwerpunkt der Empfindlichkeit rückt dadurch in die Gegend von 500 bis 530 mμ. Unter diesen Bedingungen ergab sich: k = 0,924.

Eine wichtige Bedeutung hat die *Größe des Objektes.* Durch Verwendung von großen Objekten für eine relativ kurze Distanz kann eine eventuell bestehende geringere Refraktionsanomalie unberücksichtigt gelassen werden. Auch besteht die Gewähr, daß sicher extrafoveal untersucht wird *(Piper,* 124), was für die Praxis viel wichtiger ist als eine foveale Untersuchung *(Wessely,* 156). Daher verwendet *Comberg* (28) ein Reizfeld von 10 cm Durchmesser, aus 40 cm Entfernung betrachtet; der Sehwinkel beträgt dabei ca. 18 Grad. Er verlangt überhaupt einen Sehwinkel nicht unter 3 und nicht über 20 Grad. *Nylund* (117) untersuchte bei einem Sehwinkel von 10 Grad (Objekt 5 cm hoch, Distanz 50 cm). Die Verhältnisse unseres A. entsprechen in dieser Hinsicht am ehesten denjenigen bei *Comberg,* indem die Ringgröße einem Gesichtswinkel von 9° 40′ entspricht; die Lücke im *Landolt*schen Ring (13 mm Höhe und Breite), in 40 cm gesehen, kommt einem Winkel von 1° 52′ gleich, ungefähr einer Sehschärfe von 0,01 entsprechend.

Auf die Anwendung eines *Fixationspunktes* haben wir bei unserer Anordnung verzichten können, da einerseits das Auffinden des Objektes keine Schwierigkeiten bietet, anderseits das Auge von selbst die für das Erkennen geeigneten Stellen der Netzhaut einstellt.

Der wichtigste Bestandteil des A. ist das *Beleuchtungssystem;* es ist daher nötig, noch einige Worte darüber zu sagen. Als Lichtquelle verwenden wir bei unserem A. eine innen mattierte Osram-Stablampe von 40 Watt, angeschlossen an das Stadtnetz (Wechselstrom von 225 V). Die geeignete Lampenstärke haben wir durch Vorversuche mit Lampen von 40, 65, 125 und 150 Dekalumen bestimmt. Da in unseren Versuchen bei gegebener D.A.-Blende die Beleuchtung des A. beim Uebergang von H.A. zu D.A. auf einen konstanten Bruchteil herabgesetzt wird, gibt es für eine betrachtete Lochblende eine optimale D.A.-Beleuchtung. Dabei hat es sich gezeigt, daß bei Verwendung von 150 Dekalumen das Prüfzeichen zu rasch erkannt wird (vgl. Tab. 4) und eine genaue Beurteilung der D.A. der Versuchsperson nicht mehr möglich ist. Bei diesen Vorversuchen haben wir zugleich nachgesehen, ob ein Unterschied besteht, wenn die Versuchsperson sich vor der H.A.

30 Minuten im Freien bei Sonnenschein oder 30 Minuten im Dunkelzimmer aufhält. Die Werte bei vorherigem Aufenthalt im Sonnenschein sind im allgemeinen etwas höher (vgl. Tab. 5), befinden sich aber immer noch innerhalb der Fehlergrenze, weshalb wir die Adaptationsverhältnisse vor der H.A. unberücksichtigt gelassen haben.

Was die *Brenndauer der Lampe* anbetrifft, so empfiehlt *Erggelet* (48), der eine 100-Watt-Osram-Opalglasbirne gebraucht, ein Auswechseln spätestens nach 500 Brennstunden. *Hübener* (79), der ebenfalls mit einer Osram-Lampe arbeitet, konnte nach einem Jahr bei 150 Versuchen keine meßbare Helligkeitsabnahme konstatieren. Eine Anfrage unsererseits bei der Firma Osram hat ergeben, daß bei der von uns verwendeten Osram-Stablampe mit einer Lichtstromabnahme von ca. 2% in 100, ca. 3% in 200 und von 18% in 1000 Brennstunden gerechnet werden muß. Die Abnahme erfolgt stetig und setzt gleich nach der Inbetriebnahme der Lampe ein. Daraus folgt, *daß man nach 2000 Untersuchungen die Lampen wechseln sollte.*

Erggelet (48) machte die Feststellung, daß bei verschiedenen Lampen gleicher Bezeichnung und Herkunft die Lichtstärke von der an ihnen angegebenen Größe um $^1/_6$ nach beiden Seiten abwich. Deshalb verlangt er eine photometrische Untersuchung der im A. verwendeten Lampe. Aus diesem Grunde haben wir wiederum Herrn Prof. *König* vom Eidg. Amt für Maß und Gewicht gebeten, die von uns verwendete Lampengattung in dieser Hinsicht zu untersuchen.

«*Gleichmäßigkeit ähnlicher Lampen:* Zum Vergleich gelangten 1 Osram-Kerzenlampe 220/40/35 und 4 entsprechnde Philips-Colorenta 220—230 V, 40 W, ED. Opal, numeriert mit 1 bis 4. Die Lampen können in der Fassung gedreht werden. Es ergibt sich in relativem Maße bei vollem Licht:

Osram	je nach Stellung	100 bis 105
Philips Nr. 1		96 bis 100
Philips Nr. 2		96 bis 102
Philips Nr. 3		94 bis 98
Philips Nr. 4		102 bis 105

Abgedunkelt ergibt sich für die Leuchtdichte naturgemäß eine etwas höhere Streuung, da nur ein kleiner Teil der Lampe wirksam ist:

Osram	je nach Stellung	108 bis 118
Philips Nr. 1		99 bis 110
Philips Nr. 2		103 bis 115
Philips Nr. 3		103 bis 109
Philips Nr. 4		102 bis 113

(in einem andern relativen Maß).»

Folgerung: Auch ohne besondere Auswahl und Stellung der Lampen erreicht man Genauigkeiten, die für die volle Beleuchtung ca. ±5%, für die abgedunkelte ca. ±8% betragen. Durch Auswahl von Lampen läßt sich diese Streuung leicht herabmindern; für die Praxis scheint dies unnötig.

Die *Stromschwankungen im Netz* — bei uns betragen sie in normalen Zeiten ca. 2 Volt — haben wir unberücksichtigt gelassen, nachdem ihnen auch das Eidg. Amt für Maß und Gewicht bei der Eichung unseres A. keine Bedeutung zugemessen hat. Auch *Hübener* (79) stellte fest, daß Schwankungen von 2 Volt (119—121 Volt) bei der Verwendung des *Nagel*-A. nichts ausmachen. Gleicher Ansicht ist *Wölfflin* (162). Auf der andern Seite muß man sich aber bewußt sein, daß größere Spannungsunterschiede als z. B. 2 Volt nicht ohne Bedeutung sind, wie dies Untersuchungen durch das Amt für Maß und Gewicht gezeigt haben:

«Abhängigkeit von der Spannung:

Spannung	Leuchtdichte in relativem Maß
200 V	113
210 V	137
220 V	164
230 V	190»

Es ist daher sicher von Wichtigkeit, daß man sich vor Benützung des Apparates über die Spannungsschwankungen im entsprechenden Stromnetz orientieren läßt.

Wir untersuchen also mit einer 40-Watt-Lampe, die uns sowohl als Lichtquelle für die H.A. als auch für die D.A. dient. Die Abstufung der Lichtintensität für die D.A. kann durch verschiedene Methoden erfolgen [20]). Wir haben für unser A. eine feste Blende gewählt als die einfachste, billigste und zuverlässigste Vorrichtung mit einem Durchmesser von 1,45 ± 0,03 mm (Messung durch das Eidgenössische Amt für Maß und Gewicht), die die Leuchtdichte auf 0,05 *Hefner*-Apostilb herabsetzt.

Es mag von gewissem Interesse sein, zu erfahren, wie sich die beiden Werte unseres A. — 570 *Hefner*-Apostilb für die H.A. und 0,05 *Hefner*-Apostilb für die D.A. — zu den *im praktischen Leben vorkommenden Beleuchtungsstärken* verhalten. Nach den schweizerischen Leitsätzen für elektrische Beleuchtung (169) wird als reine Allgemeinbeleuchtung für grobe Arbeit 40 Lux empfohlen, für feine 150, für sehr feine 300 Lux; Arbeitsplatzbeleuchtung für feine Arbeit 300—1000 Lux, für sehr feine im Minimum 1000 Lux. Bedenkt man, daß die Albedo von weißem Papier ca. 75% beträgt, so entspricht 750 Apostilb 1000 Lux senkrecht auf weißes Papier. Din 5043 (93), 5035 (94) gibt analoge Werte an. Für die Beleuchtungsstärke in den Verkehrsanlagen werden auf Straßen und Plätzen mit mittlerem Verkehr innerorts und auf Hauptverkehrsstraßen außerorts 1,5—8 Lux empfohlen, und als unterste Grenzwerte gelten 0,2—3 Lux; für stärksten Verkehr innerorts steigen die Werte bis auf 30 Lux (169). Wegen der Blendung dürfen Leuchtgeräte von Fahrzeugen die Leuchtdichte von 2 Stilb nicht überschreiten; jedoch auch unterhalb dieser Grenze besteht immer noch geringe Blendung (94). Das Fernlicht eines Autoscheinwerfers hat im allgemeinen 100—400 Stilb

[20]) 13, 37, 106, 113.

Leuchtdichte und kann auf ca. 1 Stilb abgeblendet werden (103). In einer Arbeit, «Das Sehen bei herabgesetzter Beleuchtung», hat *Comberg* (32) Untersuchungen mit den oben genannten Zahlen angestellt. Er betont, daß es wesentlich sei zu verfolgen, wie die Sehschärfe wieder hergestellt werde, wenn nach der H.A. plötzlich eine Herabminderung der Beleuchtung eingetreten sei, und spricht von einer sogenannten Sehschärfenanpassung. In seinen Anordnungen verwendete er verschiedene Bedingungen; zuerst eine H.A. bei hellem Himmelslicht während 5 Minuten, die nach *Teichmüller* (143) im Juni bis zu 50 000 Lux betragen kann, dann während 5 Minuten 3500 Lux auf Weiß (Großstadtlokal, weißgekachelte Untergrundbahnhöfe), 35 Lux auf Weiß (normales Lampenlicht) und 3,5 Lux auf Weiß (Kerzenlicht). Ausgehend von dieser H.A., wurde mit *Snellen*schen Buchstaben geprüft, wie das Auge sich mit seiner Sehschärfe an die herabgesetzte Beleuchtung anpaßt, und zwar für eine Beleuchtung der Sehproben mit 32 Lux, 2, 0,5, 0,08, 0,02 und 0,007 Lux. Wie wir gesehen haben, entsprechen die Werte bis herab zu einer Sehprobenbeleuchtung von 0,2 Lux den Beleuchtungsverhältnissen auf den Straßen einer Stadt in Friedenszeiten. In *Combergs* Versuch ist bei Beleuchtung mit 0,2 Lux nach einer H.A. von 3500 Lux für schwarze Objekte auf hellem Grunde nach 30 Sekunden wieder eine Sehschärfe von 0,4 vorhanden. Die unter 0,2 Lux liegenden Beleuchtungsintensitäten entsprechen der Verdunkelung in Kriegszeiten; *Weigel* hat bei Mondlicht 0,1 Lux gemessen und *Liebenthal* (95) bei Vollmondbeleuchtung, klarer Luft und wolkenlosem Himmel auf einer zu den Strahlen senkrechten Ebene 0,26 Lux. In klaren, mondfreien Nächten haben wir nach *Beyne* und *Worms* (9) mit 0,0015 Lux zu rechnen. Wenn in dieser Stärke die *Landolt*sche Tafel direkt beleuchtet und der Visus in 5 Meter Abstand gemessen wird, so erreicht ein völlig dunkeladaptiertes Individuum 6—9/100 des Visus bei Tageslicht (*Worms* und *Beyne*, 166). Zu den gleichen Resultaten kommt *Pol* (125): Der Durchschnittswert für nächtliche Beleuchtung beträgt 0,0015 Lux; die Sehschärfe bei dieser Beleuchtung schwankt nach Volladaptation zwischen 0,03 und 0,09 (für das Fliegerpersonal als genügend gilt z. B. 0,05).

Es sei noch auf einige Ergebnisse, die wir im Laufe unserer Untersuchungen fanden, hingewiesen.

1. Wir haben in der Einleitung schon bemerkt, daß bei Untersuchungen der D.A., die praktischen Zwecken dienen, die Versuchsperson unter Bedingungen zu untersuchen ist, die der wirklichen Situation entsprechen. Zweiäugige sind unter binocularen Bedingungen zu prüfen; bei Einäugigen ist festzustellen, ob sie gegenüber den Zweiäugigen im Nachteil sind oder nicht.

Aus dieser Ueberlegung haben wir eine Serie von *Einäugigen* untersucht und dabei beobachten können, daß diese Leute gegenüber den Zweiäugigen in bezug auf die D.A. deutlich im Nachteil sind (s. Tab. 2). Es ist wohl so, daß die meisten Einäugigen auch noch innerhalb der von uns aufgestellten Grenze von 4 Minuten die verlangten Anforderungen erfüllen — besonders die jungen Leute —, daß aber der beste Einäugige doch mehr Zeit zur Erkennung des Buchstabens braucht als der schlechteste normale Zweiäugige derselben Altersklasse. Auch geben fast alle Einäugigen an, daß sie früher als Zweiäugige nachts deutlich besser adaptiert haben als jetzt.

2. Wie verhält sich die mit unserem A. als normal aufgestellte Limite von 4 Minuten Prüfungszeit zu dem *Lebensalter* der Untersuchten?

Bevor wir die Resultate unserer eigenen Untersuchungen erwähnen, möchten wir kurz die Angaben aus der Literatur anführen. Schon *Tschermak* (150, 100) hat eine Bedeutung des Lebensalters für die D.A. vermutet, und *Piper* (123) hat bei Jugendlichen in bezug auf die D.A. eine größere Anpassungsfähigkeit festgestellt. Ebenso fanden *Cohen* (Klin. Mbl. Augenhk. 44, 1) und *Petuchowski* (Inaug.-Diss. 1911) eine Abnahme der D.A. mit dem Alter. Nach *Wölfflin* (162) tritt keine wesentliche Beeinflussung der D.A. durch das Alter auf. Allerdings zeigt sich eine leichte Abnahme mit dem 50. bis 60. Lebensjahr in Analogie mit der Abnahme der zentralen Sehschärfe. Die Empfindlichkeit gegenüber Blendung nimmt mit dem Alter zu

(Pol, 125). *Stargardt* (138) hat speziell Myope untersucht und bei Zugrundelegen einer größeren Zahl von Fällen eine Abhängigkeit der Adaptationsfähigkeit des myopen Auges vom Lebensalter des Untersuchten gefunden, und zwar eine durchschnittliche Abnahme vom 27. Lebensjahr an. *H. Landolt* (91) findet, daß der Lichtsinn durch das Alter bei Myopen, Hypermetropen und Emmetropen herabgesetzt wird. Gleicher Ansicht sind *Kuwahara* (88), der eine Abnahme der Helligkeitsempfindung, bedingt durch die Gelbfärbung der Linse nach dem 40. Lebensjahr, feststellt, und *Worms* und *Beyne* (166), die bei Untersuchungen an 20- bis 65jährigen eine langsame Visusabnahme mit zunehmendem Alter bemerken. *Yoshida* (167) sagt, daß ältere Leute eine schlechtere D.A. haben, weil sie eine senile Pupillenverengerung und eine Verminderung der lichtempfindlichen Substanz in den Sehzellen besitzen. Die sekundäre D.A. zeigt große Schwankungen in der Empfindlichkeitszunahme wegen der Rigidität des Irisgewebes. Interessante Prüfungen über die Frage hat auch *Walker* (154) angestellt. Bei der Prüfung von Leuten im Alter von 10 bis 18 Jahren findet er, daß die Adaptationsfähigkeit am größten ist bei Jungen im Alter von 12 bis 13 und bei Mädchen im Alter von 13 Jahren, und daß sie von hier weg mit dem Alter langsam abnimmt. Sie beträgt im eidetischen Alter ca. das Vierfache von der beim Erwachsenen (leichtere Ansprechbarkeit der Jugendlichen auf äußere Reize und psychische Integration vieler physiologischer und psychologischer Funktionen).

Und nun zu unseren eigenen Resultaten. Wir sind bei der Untersuchung folgendermaßen vorgegangen:

Zuerst haben wir bei einer Serie von Leuten im Alter von 15—25 Jahren mit unserem A. die D.A. gemessen und dabei fest-

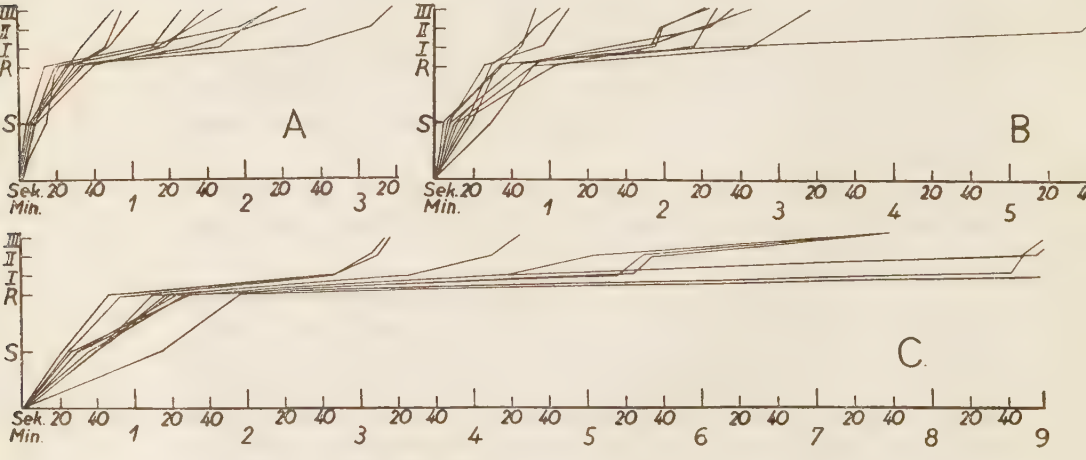

Abb. 4. Alter und Dunkeladaptation. A = Leute zwischen 15 und 25 Jahren; B = Leute zwischen 35 und 45 Jahren; C = Leute über 55 Jahren. Sonstige Bezeichnungen wie Abb. 3.

gestellt, daß alle als normal gewertet werden konnten. Dann haben wir eine zweite Serie von Leuten im Alter zwischen 35 bis 45 Jahren geprüft. Auch hier bis auf eine Person alle normal, d. h. *Landolt*scher Ring innerhalb 4 Minuten dreimal richtig gesehen. Allerdings zeigen die Kurven (vgl. Abb. 4), daß schon beim Wert «Scheibe» zwischen der ersten und zweiten Serie Unterschiede bestehen, indem in der ersten Serie von 10 Untersuchten 9 innerhalb 10 Sekunden die Scheibe sehen, während bei der zweiten Serie (35—45jährige) nur 4 unter der 10-Sekunden-Grenze bleiben. In der ersten Serie liegen 6 mit ihrem Endwert unter 2 Minuten, während in der zweiten nur 3 unterhalb 2 Minuten bleiben. Zuletzt haben wir Leute über 55 Jahre untersucht und dabei festgestellt, daß von 15 Untersuchten nur 2 mit dem Endwert innerhalb 4 Minuten zu finden sind, einer sich zwischen 4 und 5 Minuten und 6 Leute sich zwischen 7 und 10 Minuten befinden. 3 haben nur Scheibe und Ring erkannt und nach 10 Minuten D.A. die Oeffnung nicht angeben können, und 3 weitere haben sogar nach 10 Minuten D.A. nur die Scheibe, jedoch nicht den Ring erkennen können. Diese erklärten fast alle, daß sie entweder nachts nicht ausgehen oder nur in Begleitung, da sie sich heute bei der Verdunkelung absolut nicht mehr zurechtfinden können. Die «Scheibe» wurde in der dritten Serie bei allen Untersuchungen nie vor 20 Sekunden gesehen. Die untersuchten Personen zeigten sonst keine pathologischen Veränderungen an den Augen.

Aus diesen Ergebnissen geht hervor, daß die Mehrzahl der Leute über 55 Jahre, falls nicht eine sehr gute künstliche Beleuchtung vorhanden ist, nachts nicht mehr als gleich «sehtüchtig» gelten kann wie Jugendliche. Diese Tatsache spielt natürlich für den Automobilverkehr, für den Bahnverkehr und heute in hervorragender Weise auch in militärischer Beziehung eine eminent wichtige Rolle.

In den Jahren 1918/1920 haben *Best* (8) und *Hölscher* (78) eine D.A. von ca. einem Viertel der normalen D.A. noch als genügend für den Frontdienst angesehen (*Hölscher* verlangte von den Soldaten, damit sie tags und nachts eingesetzt werden konnten, das Erkennen einer Helligkeit von 1 : 4000 M.K., während das Erkennen von 1 : 1000 M.K. eine Verwendung nur tags erlaubte). Nach neuesten Untersuchungen von *vom Hofe* (77) sind Hemeralope, die am *Engelking-Hartung*-A. nach 30 Minuten nur einen Wert von 5000 erreichen, dienstuntauglich, Leute mit Werten zwischen 6 000—10 000 dagegen gegenüber den Normalen gestört und nur beschränkt tauglich. Natür-

lich lassen sich in dieser Beziehung nie absolut scharfe Grenzen ziehen, denn wir dürfen nicht vergessen, daß auch bei der D.A. junger, normaler Personen zwischen den besten und schlechtesten Normalen ziemlich große Differenzen bestehen. *Worms* z. B. (166) findet eine Differenz von 33%, und *Hölscher* (78) stellt eine physiologische Breite von 1 : 16 bei 100 Untersuchten fest.

Was die Verhältnisse im Automobilverkehr, die uns ja hier besonders interessieren, angehen, so zeigt die Erfahrung, daß auch Leute über 55 Jahre nachts sicher und gut fahren können; sie haben sich an ihre durch langsame, unbemerkte Abnahme schlechtere D.A. gewöhnt. Auf der andern Seite hört man jedoch von vielen älteren Leuten, daß sie nachts nicht mehr gerne autofahren, und auch Anfragen aus militärischen Kreisen, wie es sich mit der D.A. älterer Leute verhalte, beweisen das Vorhandensein von den Leuten deutlich bewußt werdenden Störungen ihres Dunkelsehens. Aus diesen Ueberlegungen kann daher zum Schluß die Frage aufgeworfen werden, ob nicht Personen über 55 Jahre wenigstens vom *Erlernen* des Autofahrens ausgeschlossen werden sollten, wenn nicht die bestehenden Projekte durchgehender Landstraßenbeleuchtung mit Natriumdampflampen Realität werden. Wir sind uns wohl bewußt, daß eine endgültige Antwort auf diese Frage durch unsere Untersuchungen von relativ wenigen alten Personen nicht gegeben werden kann. Aber immerhin mahnen unsere Resultate zum Aufsehen, und es wäre sicher interessant und von großem Nutzen für die Verkehrssicherheit, mit Hilfe von exakten wissenschaftlichen Untersuchungen eine endgültige Abklärung zu finden.

Abschließend sei mir an dieser Stelle gestattet, meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. *Goldmann,* für die Ueberlassung des Themas und die freundliche Unterstützung bei der Ausführung der vorliegenden Arbeit sowie Herrn Prof. *König* vom Eidgenössischen Amt für Maß und Gewicht für seine Bemühungen und wertvollen Ratschläge meinen aufrichtigen Dank auszusprechen.

Zusammenfassung.

Die starke Zunahme des Verkehrs vor Beginn des Krieges und vor allem auch die vermehrte Beanspruchung der Führer von Verkehrsmitteln während der Nacht (Automobilüberlandverkehr, internationaler Flugverkehr) wie auch die Erkenntnis, daß Allgemeinerkrankungen mit herabgesetzter Dunkeladaptation als feinstes Zeichen von Vitamin-A-Mangel einhergehen können,

haben die Notwendigkeit ergeben, in gesteigertem Maße die Dunkeladaptation zu prüfen. Dadurch ist auch öfter der praktische Arzt gezwungen, eine solche Untersuchung bei seinen Patienten vorzunehmen. Um ihm dies zu ermöglichen, ist ein einfaches, genügend exakt arbeitendes Adaptometer konstruiert worden.

Das Adaptometer besteht aus einem Hohlzylinder, an dessen Hinterwand als Prüfungsmarke ein auf weißem Grund aufgedruckter, grauer *Landolt*scher Ring auf einer drehbaren Scheibe angebracht ist. Die Vorbereitung zur Untersuchung der Dunkeladaptation, d. h. die Voradaptation wird am Adaptometer selbst vorgenommen. Die Prüfung geht so vor sich, daß der zu Untersuchende zuerst am Adaptometer 10 Minuten bei 570 *Hefner*-Apostilb voradaptiert wird. Dann kann durch eine konstante Blende von 1,45 mm Durchmesser die Lichtquelle (eine 40-Watt-Osram-Stablampe) so abgeblendet werden, daß die Leuchtdichte im Zylinder nur noch 0,05 *Hefner*-Apostilb beträgt. Bei dieser abgeblendeten Beleuchtung muß der Prüfling dem Untersucher angeben, nach welcher Zeit er zunächst die Scheibe, auf der der *Landolt*sche Ring befestigt ist, dann den Ring selbst und schließlich dreimal die Lage seiner Oeffnung erkennen kann. Der Normale braucht bei den gegebenen Verhältnissen 4 Minuten für die dreimalige Erkennung der Oeffnung; Leute, die bis zu 6 Minuten Zeit brauchen, müssen genauer untersucht werden, Zeiten von über 6 Minuten lassen sicher auf eine verzögerte Dunkeladaptation schließen.

Das Adaptometer und seine Bestandteile (Lichtquelle, Blende, grauer *Landolt*scher Ring) sind vom Eidgenössischen Amt für Maß und Gewicht geeicht worden, so daß sie jederzeit wieder genau reproduzierbar sind.

Im Verlaufe unserer Untersuchungen haben wir festgestellt, daß bei älteren Leuten mit sonst normalem Augenbefund die Dunkeladaptation gegenüber normalen jungen Leuten deutlich verzögert ist; dieselbe Beobachtung haben wir bei Einäugigen gegenüber Zweiäugigen gemacht.

Es gelingt mit unserem Adaptometer, innerhalb kurzer Zeit auf einfache und exakte Weise ohne Dunkelzimmer — der Kopf des zu Untersuchenden wird mit einem am Adaptometer befestigten schwarzen Tuch überdeckt — sich über die Dunkeladaptation eines Patienten ausreichend zu orientieren.

Summary.

Description of a simple, for the medical practitioner sufficiently exact working adaptometer, consisting of a wooden cylinder, on the rear wall of which, a rotatory *Landolt* ring (grey ring on white ground) is attached as test sign. The pre-adaptation is made by the adaptometer itself. By means of a fixed, round diaphragm, the illumination can be decreased from 570 to 0.05 Hefner-Apostilb. With this reduced illumination the *Landolt* ring should be recognized within 4-6 minutes by people with normal dark adaptation. A dark room is not necessary for the examination. The adaptometer has been tested by the Swiss Federal office for Weights and Measures and is reproducible at any time, upon which great stress was laid. Normal people with one eye show a delay in dark adaptation against those with both eyes, as do also elderly persons against young people.

Résumé.

L'auteur décrit un adaptomètre d'emploi simple et de précision suffisante pour le médecin praticien ; il se compose d'un cylindre creux à paroi postérieure munie d'un anneau mobile de *Landolt* (anneau gris sur fond blanc). L'adaptation préliminaire se fait également à l'adaptomètre. Un diaphragme solide et rond permet de diminuer l'intensité lumineuse de 570 à 0,05 Apostilb-Hefner. A cet éclairage réduit, les personnes à adaptation normale perçoivent l'anneau de *Landolt* au bout de 4-6 minutes. L'examen ne nécessite pas de chambre noire. L'adaptomètre fut étalonné par le Bureau fédéral des poids et mesures. La construction de l'appareil permet de le reproduire à volonté. L'œil normal d'une personne borgne présente un retard sur l'adaptation normale binoculaire, il en est de même des personnes âgées normales par rapport aux jeunes.

Literatur.

1. *Adams, D.*, «Dark Adaptation», A Review of the Literature. (Reports of the Committee upon the Physiology of Vision.) London 1929. — 2. *Arndt, W.*, Sewig, R., «Handbuch der Lichttechnik», Teil 2. (Berlin 1938.) — 3. *Aubert, H.*, «Physiologie der Netzhaut» (Breslau 1865). — 4. *Behr, C.*, Graefe Arch. f. O. 75, 201 (1910). — 5. *Best, F.*, Münch. med. Wschr. 62, 1121 (1915). — 6. *Best, F.*, Verslg. dtsch. ophth. Ges. 40, 230 (1916). — 7. *Best, F.*, Münch. med. Wschr. 64, 475 (1917). — 8. *Best, F.*, Graefe Arch. f. O. 97, 168 (1918).

— 9. *Beyne, J.*, u. *Worms, G.*, C. r. Soc. Biol. Paris 91, 178 (1924). — 10. *Bichelonne, Monnier, A.*, u. *Mouton, M.*, Bull. Soc. belge Ophtalm. Nr. 69, 148 (1934). Ref. Zbl. f. Ophth. 33, 592 (1935). — 11. *Birch-Hirschfeld, A.*, Graefe Arch. f. O. 92, 273 (1916). — 12. *Birch-Hirschfeld, A.*, Ztschr. f. Augenh. 38, 57 (1917). — 13. *Birch-Hirschfeld, A.*, Klin. Mbl. Augenhk. 97, 433 (1936). — 14. *Bjerrum, J.*, Graefe Arch. f. O. 30, II, 201 (1884). — 15. *Blanchard, J.*, Dtsch. opt. Wschr., Jg. 7, 936, 958, 975 (1921). Ref. Zbl. f. Ophth. 7, 475 (1922). — 16. *Bonnardel, R.*, C. r. Soc. Biol. Paris 116, 106 (1934). — 17. *Braunschweig*, Münch. med. Wschr. 62, 308 (1915). — 18. *Braunschweig*, Münch. med. Wschr. 63, 1400 (1916) — 19. *Braunschweig*, Verslg. dtsch. ophth. Ges. 40, 228 (1916). — 20. *Bull, O. B.*, Graefe Arch. f. O. 27, I, 54 (1881). — 21. *Cantonnet, A.*, C. r. Soc. Biol. Paris 82, 637 (1919). — 22. *Charpentier, A.*, Arch. d'Opht. 2, 234 (1882). — 23. *Charpentier, A.*, Arch. d'Opht. 2, 418 (1882). — 24. *Charpentier, A.*, Arch. d'Opht. 4, 210 (1884). — 25. *Charpentier, A.*, Arch. d'Opht. 6, 196 (1886). — 26. *Chevallier, A.*, u. *Roux, H.*, C. r. soc. Biol. Paris 128, 231 (1938). — 27. *Chevallier, A.*, u. *Roux, H.*, C. r. Soc. Biol. Paris 130, 1279 (1939). — 28. *Comberg, W.*, Münch. med. Wschr. 64, 833 (1917). — 29. *Comberg, W.*, Verslg. dtsch. ophth. Ges. 41, 252 (1918). — 30. *Comberg, W.*, Verslg. dtsch. ophth. Ges. 49, 453 (1932). — 31. *Comberg, W.*, Verslg. dtsch. ophth. Ges. 52, 11 (1938). — 32. *Comberg, W.*, Verslg. dtsch. ophth. Ges. 53, 6 (1940). — 33. *Comberg, W.*, u. *Rauhut, H.*, Klin. Mbl. Augenh. 104, 502 (1940). — 34. *Cramer*, Münch. med. Wschr. 65, 378 (1918). — 35. *Crzellitzer, A.*, Arch. f. Augenh. 81, Erg. Heft 93 (1916). — 36. *Dachewsky, A.*, Vestn. Oftalm. 11, 651 (1937). Ref. Zbl. f. Ophth. 41, 234 (1938). — 37. *Derby, G. S., Chandler, P. A.*, u. *Sloan, L. L.*, Arch. of Ophth. 3, 31 (1930). — 38. *D'Osvaldo, E.*, Ann. Oftalm. 60, 633 (1932). Ref. Zbl. f. Ophth. 29, 290 (1933). — 39. *Downey, jr., J. W.*, Amer. J. Ophth. 2, 13 (1919). — 40. *Drescher, K.*, u. *Trendelenburg, W.*, Klin. Mbl. Augenh. 76, 776 (1926). — 41. *Edmund, C.*, u. *Clemmesen, Sv.*, On deficiency of A vitamin and visual dysaptation. London 1936. Ref. Zbl. f. Ophth. 37, 78 (1937). — 42. *Engelking, E.*, Klin. Mbl. Augenh. 84, 95 (1930). — 43. *Engelking, E.*, u. *Hartung, H.*, Klin. Mbl. Augenh. 89, 763 (1932). — 44. *Engelking, E.*, Verslg. dtsch. ophth. Ges. 49, 256 (1932). — 45. *Engelking, E.*, Verslg. dtsch. ophth. Ges. 49, 473 (1932). — 46. *Engelking, E.*, Klin. Mbl. Augenheilk. 91, 367 (1933). — 47. *Engelking, E.*, Münch. med. Wochenschrift 80, 923 (1933). — 48. *Erggelet, H.*, Verslg. dtsch. ophth. Ges. 53, 42 (1940). — 49. *Feldmann, J. B.*, Arch. of Ophth. 12, 81 (1934). — 50. *Feldmann, J. B.*, Arch. of Ophth. 15, 1004 (1936). — 51. *Feldmann, J. B.*, Arch. of Ophth. 17, 648 (1937). — 52. *Feldmann, J. B.*, Arch. of Ophth. 18, 821 (1937). — 53. *Feldmann, J. B.*, Arch. of Ophth. 19, 882 (1938). — 54. *Ferree, C. E.*, u. *Rand, G.*, Amer. J. Ophth. 3, 335 (1920). — 55. *Ferree, C. E.*, u. *Rand, G.*, Amer. J. Ophth. 14, 325 (1931). — 56. *Ferree, C. E.*, u. *Rand, G.*, Amer. J. Ophth. 22, 655 (1939). — 57. *Förster, R. F.*, «Ueber Hemeralopie und die Anwendung eines Photometers in der Ophthalmologie.» (Breslau 1857.) — 58. *Förster, R. F.*, Klin. Mbl. Augenh. 9, 337 (1871). — 59. *Gassovskij, L. N.*, u. *Chochlova, A. N.*, Vestn. Oftalm. 15, 89 (1939). Ref. Zbl. f. Ophth. 46, 85 (1940). — 60. *Gasteiger, H.*, Klin. Mbl. Augenh. 78, 827 (1927). — 61. *Glees, M.*, Klin. Mbl. Augenh. 103, 226 (1939) — 62. *Graefe-Saemisch*, «Untersuchungsmethoden des Lichtsinns». Bd. 4

Abt. 1. 1925, 3. Auflage. — 63. *Haas, E.*, Bull. Soc. Ophtalm. Paris 3, 164 (1931). Ref. Zbl. f. Ophth. 26, 214 (1932). — 64. *Haas, E.*, Rev. Optique 11, 306 (1932). Ref. Zbl. f. Ophth. 28, 462 (1932). — 65. *Haas, E.*, Rev. Optique 14, 248 (1935). Ref. Zbl. f. Ophth. 35, 169 (1935). — 66. *Hagemann, W.*, Sewig, R., «Handbuch der Lichttechnik», Teil 2, S. 806. (Berlin 1938.) — 67. *Haig, Ch.*, u. *Lewis, J. M.*, Proc. Soc. exper. Biol. a. Med. 41, 415 (1939). Ref. Zbl. f. Ophth. 44, 247 (1939). — 68. *Haines, R. T. M.*, Trans. ophth. Soc. of U. K. 58, I, 103 (1938). — 69. *Hecht, S.*, J. Gen. Physiol. 4, 113 (1921). — 70. *Hecht, S., Haig, Ch.*, u. *Chase, A. M.*, J. Gen. Physiol. 20, 831 (1937). — 71. *Hecht, S.*, u. *Shlaer, S.*, J. opt. Soc. Amer. 28, 269 (1938). — 72. *Heinsius, E.*, Klin. Mbl. Augenh. 102, 196 (1938). — 73. *Herlitzka, A.*, Abderhalden, «Handbuch der biolog. Arbeitsmethoden», Abt. VI, Teil C. I., S. 813. — 74. *Hertel, E.*, Verslg. dtsch. ophth. Ges. 49, 249 (1932). — 75. *Heß, C.*, Arch. f. Augenh. 87, 81 (1921). — 76. *Heß, C.*, Arch. f. Augenh. 69, 205 (1911). — 77. *vom Hofe, K.*, u. *Glees, M.*, Klin. Mbl. Augenh. 104, 369 (1940). — 78. *Hölscher*, Klin. Mbl. Augenh. 64, 398 (1920). — 79. *Hübener*, Graefe Arch. f. O. 93, 360 (1917). — 80. *Jeß, A.*, Verslg. dtsch. ophth. Ges. 40, 210 (1916). — 81. *Jeß, A.*, Münch. med. Wschr. 63, 1531 (1916). — 82. *Jeß, A.*, Ergebnisse 25, Zbl. f. Ophth. 6, 1 u. 113 (1922). — 83. *Igersheimer, J.*, Graefe Arch. f. O. 98, 67 (1919). — 84. *Kayashima, K.*, Bul. nav. med. Assoc. (Tokio) 27, Nr. 11, engl. Zusammenfassg. 63 (1938). Ref. Zbl. f. Ophth. 42, 526 (1939). — 85. *Kentgens, S. K.*, Arch. f. Augenh. 110, 492 (1937). — 86. *Kikhawa, T.*, Acta Soc. ophth. Jap., dtsch. Zusf. 41, 145 (1937). — 87. *Kissin, P.*, Sovet. Vestn. Oftalm. 9, 657 (1936). Ref. Zbl. f. Ophth. 38, 382 (1937). — 88. *Kuwahara, Y.*, Acta Soc. ophth. Jap., dtsch. Zusf. 39, 106 (1935). — 89. *Kyrieleis, W.*, Graefe Arch. f. O. 138, 564 (1938). — 90. *Lahy, J. M.*, Trav. hum. 7, 353 (1939). Ref. Zbl. f. Ophth. 45, 674 (1940). — 91. *Landolt, H.*, Klin. Mbl. Augenh. 47, NF. VIII, 369 (1909). — 92. *Landolt, M.*, Arch. d'Opht. 35, 580 (1917). — 93. Leitsätze für Tagesbeleuchtung (Dtsch. Normen), Din 5034. Berlin. — 94. Leitsätze für Beleuchtung mit künstl. Licht (Dtsch. Normen), Din 5035. Berlin. — 95. *Liebenthal, E.*, «Praktische Photometrie». (Braunschweig 1907). — 96. *Litinskji, G.*, u. *Jljina, S.*, Sovet. Vestn. Oftalm. 6, 90 (1935). Ref. Zbl. f. Ophth. 34, 661 (1935). — 97. *Livingston, P. C.*, Brit. J. Ophth. 16, 577 (1932). — 98. *Löhlein, W.*, Münch. med. Wschr. 63, 909 (1916). — 99. *Löhlein, W.*, Verslg. dtsch. ophth. Ges. 40, 205 (1916). — 100. *Lohmann, W.*, Graefe Arch. f. O. 65, 365 (1907). — 101. *Lohmann, W.*, Arch. f. Augenh. *80*, 206 (1916). — 102. *Lohmann, W.*, Arch. f. Augenh. 83, 275 (1918). — 103. *Lossagk, H.*, Sewig, R. «Handbuch der Lichttechnik», Teil 2, S. 961. (Berlin 1938.) — 104. *Machlin, I.*, Sovet. Vestn. Oftalm. 7, 917 (1935). Ref. Zbl. f. Ophth. 36, 194 (1936). — 105. *Matthey, G.*, Graefe Arch. f. O. 129, 275 (1933). — 106. *Meyer, H.*, Ztschr. f. Augenh. 37, 198 (1917). — 107. *Møller, H. U.*, Acta Ophth. (Køben.) 7, 1 (1929). — 108. *Müller, E.*, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 193, 29 (1922). — 109. *Müller, H. K.*, Graefe Arch. f. O. 125, 614 (1930). — 110. *Müller, H. K.*, Graefe Arch. f. O. 125, 624 (1930). — 111. *Müller, H. K., Schultz, H. J.*, u. *Lautsch, J.*, Klin. Mbl. Augenh. 104, 649 (1940). — 112. *Nagel, W. A.*, Ztschr. f. Augenh. 17, 201 (1917). — 113. *Nagel, W. A.*, Tigerstedt, R. «Handbuch der physiol. Methodik». Bd. 3, Abt. 2, S. 1 (1909). — 114. *Nagel, W. A.*, u. *Schäfer, K. L.*, Ztschr. f. Psychol. u. Physiol.

d. Sinnesorg. 34, 271 (1904). — 115. *Nordmann, J.*, Bull. Soc. opht. Paris 4, 247 (1935). — 116. *Nordmann, J.*, u. *Payeur, P.*, Annales d'Ocul. 173, 177 (1936). — 117. *Nylund, C. E.*, Nord. Med. (Stockh.) 1939, 1754, dtsch. Zusf. 1757. Ref. Zbl. f. Ophth. 44, 482 (1940). — 118. *Oguchi, C.*, Graefe Arch. f. O. 66, 455 (1907). — 119. *Paul*, Münch. med. Wschr. 62, 1548 (1915). — 120. *Pavia, J. L.*, Rev. otol. etc. y Cir. neur. sudamer. 11, 117 (1936). Ref. Zbl. f. Ophth. 37, 333 (1937). — 121. *Pavia, J. L.*, Rev. Assoc. med. argent. 49, 1420 (1936). Ref. Zbl. f. Ophth. 38, 314 (1937). — 122. *Pett, L. B.*, J. Labor. a. clin. Med. 25, 149 (1939). Ref. Zbl. f. Ophth. 45, 100 (1940). — 123. *Piper, H.*, Ztschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg. 31, 161 (1903). — 124. *Piper, H.*, Klin. Mbl. Augenh. 45 NF. III, 357 (1907). — 125. *Pol, W.*, Lek. wojsk. 27, 730, frz. Text 734 (1936). Ref. Zbl. f. Ophth. 37, 83 (1937). — 126. *Polack, A.*, Annales d'Ocul. 133, 45 (1905). — 127. *Porter, H. B., Carlson, W. A.*, u. *Henton, H. C.*, J. Aviat. Med. 8, 62 (1937). Ref. Zbl. f. Ophth. 39, 348 (1937). — 128. *Prschibylskaja, Ia.*, Vestn. Oftalm. 14, 37 (1939). Ref. Zbl. f. Ophth. 44, 46 (1940). — 129. *Queiroga, G.*, Ophtalmos 1, 41 (1939). Ref. Zbl. f. Ophth. 44, 389 (1940). — 130. *Rutgers, G. E.*, Klin. Mbl. Augenh. 71, 449 und 589 (1923). — 131. *Saiontschkowskij, M.*, Sovet. Vestn. Oftalm. 5, 204 (1934). Ref. Zbl. f. Ophth. 33, 309 (1935). — 132. *Semenovskaja, E. N.*, Graefe Arch. f. O. 133, 115 (1934). — 133. *Schindler, E.*, Klin. Mbl. Augenh. 68, 710 (1922). — 134. *Schumacher, G.*, Acta Ophth. (Køhenh.) 15, 5 (1937). — 135. *Sheftel, A. G.*, Amer. J. clin. Path. 10, 168 (1940). Ref. Zbl. f. Ophth. 46, 232 (1940). — 136. *Sloan, L. L.*, Arch. of Ophth. 21, 913 (1939). — 137. *Sloan, L. L.*, Arch. of Ophth. 22, 233 (1939). — 138. *Stargardt, K.*, Graefe Arch. f. O. 73, 77 (1910). — 139. *Stargardt, K.*, Ztschr. f. Augenh. 39, 159 (1918). — 140. *Stargardt, K.*, Ztschr. f. Augenh. 40, 228 (1919). — 141. *Stargardt, K.*, Klin. Mbl. Augenh. 78, 593 (1927). — 142. *Takahashi, Sh.*, u. *Katsura, N.*, Acta Soc. ophth. Jap., dtsch. Zusf. 38, 154 (1938). — 143. *Teichmüller, J.*, «Moderne Lichttechnik in Wissenschaft und Praxis». Berlin 1928. — 144. *Thomas, Ch.*, Bull. Soc. opht. Paris, 7, 671 (1936). — 145. *Thomson, A. M., Griffith, H. D., Mutch, J. R., Lubbock, D. M., Owen, E. C.*, u. *Logaras, J.*, Brit. J. Ophth. 23, 461 (1939). — 146. *Toyoda, T.*, Acta Soc. ophth. Jap., dtsch. Zusf. 39, 139 (1935). — 147. *Treitel, Th.*, Graefe Arch. f. O. 31, I, 139 (1885). — 148. *Treitel, Th.*, Graefe Arch. f. O. 33, I, 31 (1887). — 149. *Treitel, Th.*, Graefe Arch. f. O. 33, II, 73 (1887). — 150. *Tschermak, A.*, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 82, 119 (1900). — 151. *Tsutui, Y.*, Acta Soc. ophth. Jap., dtsch. Zusf. 38, 57 (1934). — 152. *Uhthoff, W.*, Graefe Arch. f. O. 32, I, 170 (1886). — 153. *Velhagen, K.*, Ergebnisse 127, Zbl. f. Ophth. 39, 193 (1937). — 154. *Walker, W.*, Ztschr. f. Psychol. 103, 323 (1927). — 155. *Weekers, L.*, Arch. d'Opht. 35, 73 (1916). — 156. *Wessely, K.*, Münch. med. Wschr. 62, 1698 (1915). — 157. *Wessely, K.*, Arch. f. Augenh. 81, Erg.Heft 53 (1916). — 158. *Wessely, K.*, Klin. Mbl. Augenh. 56, 139 (1916). — 159. *Wiedersheim, O.*, Klin. Mbl. Augenh. 58, 507 (1917). — 160. *Wiese, O.*, Arch. f. Augenh. 85, 168 (1919). — 161. *Wolffberg, L.*, Graefe Arch. f. O. 31, 1 (1885). — 162. *Wölfflin, E.*, Graefe Arch. f. O. 61, III, 524 (1905). — 163. *Wölfflin, E.*, Graefe Arch. f. O. 65, II, 302 (1907). — 164. *Wölfflin, E.*, Klin. Mbl. Augenh. 94, 145 (1935). — 165. *Wölfflin, E.*, Klin. Mbl. Augenh. 98, 621 (1937). — 166. *Worms, G.*, u. *Beyne, J.*, Bull. Soc. Franç. d'Opht. 41, 83 (1928). — 167.

Yoshida, T., Acta Soc. ophth. Jap., dtsch. Zusf. 38, 114 (1934). — 168. *Zade, M.*, Münch. med. Wschr. 62, 800 (1915). — 169. Zentrale für Lichtwirtschaft, Zürich: Schweizerische allgemeine Leitsätze für elektrische Beleuchtung. 1939.

Tabelle 1.

Untersuchungsergebnisse mit unserem Adaptometer: Leute mit unveränderter und erweiterter Pupille (Homatropin).

Patient	Pupille	Scheibe Sek.	Ring Sek.	1. Oeff. Sek.	2. Oeff. Sek.	3. Oeff. Sek.
H. D.	unverändert	13	54	83	95	98
1909	erweitert	22	98	184	194	198
O. J.	unverändert	11	21	58	64	80
1916	erweitert	13	50	82	154	161
H. K.	unverändert	9	13	111	115	118
1921	erweitert	18	39	131	151	154
S. D.	unverändert	9	34	101	109	118
1911	erweitert	22	60	216	222	229
A. H.	unverändert	20	34	114	150	166
1906	erweitert	20	28	197	223	241

Tabelle 2.

Untersuchungsergebnisse mit unserem Adaptometer: (Pupille unbeeinflußt.)

Patient Alter	Einäugig seit: Durch:	Scheibe Sek.	Ring Sek.	1. Oeff. Sek.	2. Oeff. Sek.	3. Oeff. Sek.
Ch. P.	9 Monaten					
25j.	Perfor. Splitterverletzg.	13	51	230	235	243
J. J.	18 Jahren					
24j.	Messerverletzung	21	78	158	172	204
Ch. L.	8 Jahren					
20j.	Schußverletzung	22	44	219	225	233
F. F.	1 Jahr					
16j.	intraocul. F.K.	15	51	147	202	232
F. L.	1½ Jahren					
26j.	intraocul. F.K.	40	90	380	404	422
E. G.	1 Jahr					
36j.	intraocul. F.K.	28	51	194	221	228
L. G.	1½ Jahren					
35j.	Scherenverletzung	27	95	308	344	369

Tabelle 3.

Untersuchungsergebnisse mit unserem Adaptometer: Retinitis pigmentosa, essentielle Hemeralopie, Ablatio retinae. (Ergänzung zu Abbildung 3.)

Patient	Krankheit	Scheibe Sek.	Ring Sek.	1. Oeff Sek.	2. Oeff. Sek.	3. Oeff. Sek.
G. G.	essent. Hem.	9	45	160	536	617
G. B.	Ablatio ret.	306	520	730	755	785
A. G.	essent. Hem.	14	54	198	nicht mehr erkannt	
A. Sch.	Ret. pigment.	Die Scheibe wird nach 10 Min. D.A. nicht gesehen.				
A. F.	Ret. pigment.	Die Scheibe wird nach 10 Min. D.A. nicht gesehen.				
G. Sch.	Ret. pigment.	Sieht den *Landolt*schen Ring auch bei der Voradaptation nicht.				
E. Sch.	Ret. pigment.	wie G. Sch. (siehe oben).				

Tabelle 4.

Erkennung des *Landolt*schen Ringes bei verschiedenen Lampenstärken.

Dekalumen	Zeit bis zur Erkennung des Landolt'schen Ringes bei verschiedenen Versuchspersonen			
	F.	N.	F.	R.
40	192 Sek.	702 Sek.	240 Sek.	254 Sek.
65	121 Sek.	518 Sek.	199 Sek.	175 Sek.
125	92 Sek.	502 Sek.	81 Sek.	152 Sek.
150	88 Sek.	487 Sek.	65 Sek.	81 Sek.

Tabelle 5.

Einfluß der Bedingungen (Dunkelzimmer, Sonnenschein) vor der Voradaptation auf die folgende Dunkeladaptation. (Voradaptation: 40-Dekalumen-Lampe, 10 Minuten.)

Versuchspersonen	Zeit bis zur Erkennung des Landolt'schen Ringes: nach Aufenthalt während 30 Minuten im Dunkelzimmer vor der Voradaptation	nach Aufenthalt während 30 Minuten im Freien vor der Voradaptation (Sonnenschein)
R.	160 Sek.	160 Sek.
Ch.	210 Sek.	178 Sek.
F.	164 Sek.	228 Sek.
Fr.	290 Sek.	320 Sek.